

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

1. ความสำคัญของโพแทสเซียม

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารพืช ที่จำเป็นธาตุหนึ่งในจำนวนธาตุอาหารทั้งหมด 16 ธาตุ ซึ่งมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช และมีความแตกต่างจากธาตุอื่น ๆ ตรงที่โพแทสเซียมในดินพืชไม่ได้อยู่ในรูปองค์ประกอบของอินทรีย์สาร เช่น โปรตีน ไขมัน หรือ เซลลูโลส โดยตรงแต่อยู่ในรูปสารละลายในเซลล์สอป (cell sap) หน้าที่ของโพแทสเซียมในดินพืชคล้ายเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืช ซึ่งได้แก่

1.1 บทบาทของโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตของพืช

กระบวนการสร้างน้ำตาลและแป้ง

ในพืชที่ขาดโพแทสเซียมจะมีปริมาณแป้งต่ำกว่าปกติ เมื่อพิจารณาถึงสัดส่วนของ reducing sugar ต่อปริมาณแป้งทั้งหมดในพืชบางชนิดจะพบว่ามี reducing sugar เพิ่มขึ้นและ nonreducing sugar ลดลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในรากพืชเมื่อดินมีโพแทสเซียมต่ำ จากการรายงานของ Malavolta (1994) อ้างโดย สมภพ และคณะ (2541) พบว่า โพแทสเซียมมีผลต่อคุณภาพความหวานของอ้อย เพราะในน้ำอ้อยมีปริมาณโพแทสเซียมถึง 80% และยังมีผลต่อการเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาลอีกด้วย และจากการทดลองของ สมภพและคณะ (2541) พบว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมีแนวโน้มที่จะมีผลต่อคุณภาพความหวานของอ้อย โดยอ้อยที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 24 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ มีเปอร์เซ็นต์ CCS, BRIX และ POL (CCS=ความหวานบริสุทธิ์ของอ้อย, BRIX=ความหวานมีสิ่งเจือปนของน้ำอ้อย และ POL=ปริมาณน้ำตาลซูโครส) เท่ากับ 13.1, 21.8 และ 17.6 ตามลำดับ ในขณะที่พืชไม่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมจะมีเปอร์เซ็นต์ CCS, BRIX และ POL เท่ากับ 11.4, 19.7 และ 16.1 ตามลำดับ

กระบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจ

โพแทสเซียมมีบทบาทในกระบวนการสังเคราะห์แสง 3 ขั้นตอน คือ ควบคุมในการเปิดปากใบในขณะที่มีแสงแดดและจะช่วยให้คาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่ปากใบได้สะดวก ส่งเสริมการสังเคราะห์ ATP ในกระบวนการโฟโตฟอสฟอริเลชัน (photophosphorylation) และมีบทบาทในการคงสภาพโครงสร้างของคลอโรพลาสต์ และโปรพลาสต์ (proplastids) ที่เหมาะสมกับกิจกรรมการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์

ในปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสง II การแตกตัวของน้ำจะมีการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนไปตามสายลำเลียง (transport chain) ซึ่งอยู่ในเยื่อหุ้มไทลาคอยด์ กิจกรรมที่เกิดควบคู่กัน คือ การขนถ่ายโปรตอนเข้าสู่ไทลาคอยด์ (thylakoid lumen) ทำให้ pH บริเวณนี้มีค่าเท่ากับ 5 ส่วนในสโตรมาจะให้โปรตอนเพื่อการสังเคราะห์ NADPH ดังนั้น pH ของสโตรมาจึงค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเป็น 7.5 – 8.0 pH ที่แตกต่างกันนี้เป็นความต่างศักย์ทางเคมีไฟฟ้าและเหมาะสำหรับการเคลื่อนย้ายโปรตอนจากช่องภายในผ่านเยื่อหุ้มไทลาคอยด์ออกมายังสโตรมาเพื่อการสังเคราะห์ ATP หรือเรียกว่า โฟโตฟอสฟอริเลชัน (photophosphorylation) กิจกรรมส่วนนี้จะทำให้ pH ของสโตรมา ลดลง เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว จึงทำให้การไหลของโพแทสเซียมจากไซโทซอลเข้ามาปรับ pH ในสโตรมาให้คงระดับที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการโฟโตฟอสฟอริเลชัน เมื่อพืชกระทบแล้งและขาดน้ำ (drought stress) และเคลื่อนย้าย K^+ ผ่านเยื่อหุ้มคลอโรพลาสต์ซึ่งกลางและทำให้กระบวนการโฟโตฟอสฟอริเลชันติดขัดอย่างรุนแรงในพืชที่ขาดโพแทสเซียม แต่มีผลกระทบน้อยในพืชที่มีโพแทสเซียมค่อนข้างสูง ดังนั้นพืชที่กระทบแล้งหรืออยู่ในดินเค็ม (salinity stress) จึงต้องการโพแทสเซียมสูงกว่าปกติทั้งนี้เพื่อนำมาปรับความเข้มข้นในไซโทซอลให้สูงเมื่ออยู่ในสภาวะวิกฤตดังกล่าว (Wu et al., 1991 อ้างโดย ขงยุทธ, 2543)

อีกบทบาทหนึ่งของโพแทสเซียม คือ ส่งเสริมการตรึง CO_2 ในกระบวนการสังเคราะห์แสง เมื่อมีธาตุโพแทสเซียมเพียงพออัตราการตรึง CO_2 จะสูงขึ้นประมาณ 3 เท่า ขณะเดียวกับการสังเคราะห์แสงและกิจกรรมของเอนไซม์ RuDP คาร์บอกซิเลสก็สูงขึ้นด้วย (ขงยุทธ, 2543)

การสังเคราะห์โปรตีน

โพแทสเซียมมีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์โปรตีนของพืชชั้นสูง การสังเคราะห์โปรตีนของไรโบโซมในอัตราที่พอเหมาะเมื่อมีโพแทสเซียม 130 มิลลิโมลาร์ และแมกนีเซียมประมาณ 2 มิลลิโมลาร์ เชื่อว่าโพแทสเซียมมีบทบาทอยู่ในหลายขั้นตอนของกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเชื่อม mRNA เข้ากับไรโบโซม

ในใบพืชพวกซีสาม (C_3 -plants) ประมาณครึ่งหนึ่งของโปรตีนและ RNA ของใบอยู่ในคลอโรพลาสต์และโปรตีนส่วนใหญ่ในคลอโรพลาสต์ คือ เอนไซม์ RuDP carboxylase เมื่อพืชขาดโพแทสเซียมการสังเคราะห์เอนไซม์นี้จะลดลงอย่างมาก แต่ถ้าได้รับธาตุอย่างเพียงพอ กิจกรรมของเอนไซม์จะกลับเข้าสู่ระดับปกติ (peoples and Koch, 1979 อ้างโดย ขงยุทธ, 2543)

การศึกษายาของโพแทสเซียมต่อการสังเคราะห์โปรตีนอาจทำได้สองทาง คือ

1. ตรวจสอบการสะสมสารประกอบไนโตรเจนที่ละลายได้ เช่น กรดอะมิโน อะไมด์ และไนเตรตในพืชที่ขาดโพแทสเซียม

2. ตรวจสอบการเข้าร่วมของสารประกอบอินทรีย์ในโตรเจน (^{15}N) กับโปรตีน โดยทดลองเปรียบเทียบระหว่างพืชที่ขาดโพแทสเซียมกับพืชที่ได้รับธาตุอย่างเพียงพอ

การทดลองในแนวทางที่สองพบว่า ภายในเวลา 5 ชั่วโมง ยาสูบซึ่งมีโพแทสเซียมพอเหมาะสามารถดึงไนโตรเจน (^{15}N) เข้าร่วมกับโปรตีนถึง 32% ในขณะที่พืชขาดโพแทสเซียมให้ผลเพียง 11% เท่านั้น โพแทสเซียมอาจไม่ได้มีบทบาทเฉพาะในการกระตุ้นเอนไซม์ในเทรตริคัลเทสเท่านั้น แต่อาจจำเป็นต่อการสังเคราะห์เอนไซม์ด้วยเช่นกัน (Fermamde et al., 1990 อ้างโดย ยงยุทธ, 2543)

โครงสร้างของเอนไซม์

มีเอนไซม์มากกว่า 40 ชนิดที่ต้องการไอออนที่มีประจุบวก 1 ประจุ (monovalent cation หรือ univalent cation) ไปกระตุ้นให้ทำงานได้ดีขึ้น โดยโมเลกุลของ pyruvate kinase ซึ่งเปลี่ยนแปลงได้ตามชนิดของไอออนบวกที่อยู่รอบ ๆ เมื่อมี K^+ หรือ monovalent cation อื่น ๆ ที่สามารถไปเร่งปฏิกิริยาได้ active site ของเอนไซม์นี้จะอยู่ในสภาพที่จะรวมกับ substrate ได้ จากการรายงานของ Robert et al.(1975) พบว่า มะเขือเทศที่มีอัตราการหายใจสูงที่สุดอยู่ในระหว่างที่ผลเข้าสู่ระยะ climacteric และอัตราการหายใจจะสูงยิ่งขึ้นเรื่อยๆเมื่ออยู่ในสภาพที่ขาดโพแทสเซียม กิจกรรมของเอนไซม์ glutamate oxaloacetate transaminase ใน mitochondria ของผลที่เริ่มเปลี่ยนสีจะเพิ่มขึ้น แต่ malate hydrogenase ลดลงในสภาพที่ขาดโพแทสเซียม

การขยายขนาดของเซลล์

ก่อนที่เซลล์จะมีการขยายขนาดนั้นในต้นพืชจะมีการสะสมโพแทสเซียมเพื่อควบคุม pH ในไซโทพลาสซึมมีเสถียรภาพ และลดศักย์ออสโมซิสในแวคิวโอล นอกเหนือจากโพแทสเซียมที่สะสมอยู่ในพืชแล้วยังอาจสังเคราะห์กรดอินทรีย์ และน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) เข้ามาเสริมเพื่อลดศักย์ออสโมซิสให้เหมาะสมต่อการขยายตัวของเซลล์อีกด้วย การเคลื่อนย้ายโพแทสเซียมไอออนเข้าสู่เซลล์ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของ IAA กล่าวคือ IAA ส่งเสริมการไหลออกของ H^+ โดยมีโพแทสเซียมเข้ามาแทนเพื่อให้เกิดสมดุล หากสารละลายภายนอกมีโพแทสเซียมต่ำ การใช้ IAA ก็ไม่ทำให้เซลล์ในโคลิออปไทล์ (coleoptile) ของข้าวโอ๊ตขยายขนาดได้ นอกจากนี้โพแทสเซียมและไซโทไคนิน (cytokinin) ยังมีอิทธิพลต่อการขยายขนาดใบเลี้ยงของแตงกวาอีกด้วย กล่าวคือ การให้โพแทสเซียมอย่างเพียงพอร่วมกับไซโทไคนินช่วยให้การขยายขนาดเซลล์มากกว่าเมื่อขาดธาตุนี้ถึงสี่เท่า การขยายขนาดของใบพืชจึงมีความสัมพันธ์กับปริมาณโพแทสเซียมในใบพืช (ยงยุทธ, 2543)

การเปิดและปิดปากใบ

โพแทสเซียมเป็นธาตุที่มีบทบาทในการควบคุมการเปิดและปิดปากใบ เนื่องจาก การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุนี้ในเซลล์คุม (guard cell) มีผลต่อความต่งของเซลล์นั้นด้วย กล่าวคือ เมื่อความเข้มข้นของโพแทสเซียมในเซลล์คุมเพิ่มขึ้น น้ำจะเคลื่อนย้ายจากเซลล์ข้างเคียง เข้าไปในเซลล์คุมทำให้เซลล์คุมเต่งและปากใบเปิด การสะสมโพแทสเซียมไอออนในเซลล์คุม เกิดขึ้นจากการดึงโปรตอนออกของ ATPase ที่เยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้ pH ของอะโพพลาสต์ลดลง ก่อนที่ปากใบจะเปิด จากนั้นโพแทสเซียมก็ผ่านช่อง (channel) ในเยื่อหุ้มเซลล์เข้าสู่เซลล์คุม ส่วน แอนไอออนที่มาสรางสมดุลกับโพแทสเซียมส่วนใหญ่ คือ คลอไรด์ซึ่งถูกดูดเข้ามา หรือกับมาเลต ที่สังเคราะห์ได้ภายในเซลล์นั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดพืชหรือปริมาณคลอไรด์ที่มีอยู่รอบ ๆ เซลล์คุม พืชบางอย่างมีคลอไรด์ในเซลล์ชั้นผิวของใบมากทำให้ไอออนถูกนำเข้ามาใช้สำหรับการดูดคลอไรด์เข้าสู่เซลล์คุมเป็นกลไกการขนส่งร่วมกับ Cl^- และ H^+ ที่เยื่อหุ้มเซลล์

ในกรณีที่ใบพืชที่คลอไรด์น้อยหรือเป็นพืชที่ไม่ใช้คลอไรด์ในการสร้างสมดุลกับ โพแทสเซียมภายในเซลล์คุม การดูดโพแทสเซียมเข้ามามีผลไปกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ที่มี บทบาทในการสังเคราะห์มาเลต และมาเลตนี้เองที่ผ่านช่องในเยื่อหุ้มแควิวโอลพร้อมกับโพแทสเซียม สำหรับมาเลตบางส่วนก็ใช้เพื่อการสังเคราะห์ ATP ในไมโทคอนเดรีย ดังนั้นการเปิดปากใบ จึงเกิดขึ้นเมื่อมีการไหลเข้าของโพแทสเซียมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์คุม และต่อไปยังแควิวโอล และมี คลอไรด์หรือมาเลตเป็นไอออนที่รักษาสมดุล ถ้าใช้มาเลตเพื่อการนี้เซลล์คุมต้องมีแป้งเพียงพอ สำหรับการสังเคราะห์มาเลตด้วย (Edwards et al., 1988 อ้างโดย ขงยุทธ, 2543)

ปัจจัยที่กระตุ้นให้ปากใบปิดมีสองอย่าง คือ ความมืด หรือกรดแอบส์ซิงลิก (abscisic acid, ABA) ทั้งสองอย่างนี้คือสาเหตุที่ทำให้เกิดการไหลออกของโพแทสเซียมและแอนไอออน จากเซลล์คุม สำหรับ ABA ที่ใช้เพื่อการนี้อาจเคลื่อนย้ายมาจากรากผ่านทางไซเลมหรืออยู่แล้วใน เซลล์คุม โดยปกติในเซลล์คุมมี ABA สูงถึง 2.5 มิลลิโมลาร์ ในขณะที่เซลล์ชั้นผิวมีประมาณ 0.9 มิลลิโมลาร์เท่านั้น (Meinzer et al., 1991 อ้างโดย ขงยุทธ, 2543)

เมื่อมีการไหลออกของโพแทสเซียมและแอนไอออนจากเซลล์คุมทำให้ความต่งลดลง และปากใบปิด ความเข้มข้นของไอออนทั้งสองชนิดนี้ในอะโพพลาสต์เมื่อปากใบปิดจึงสูงขึ้นอย่าง มาก คือ มี K^+ และ Cl^- เท่ากับ 100 และ 33 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ เปรียบเทียบกับขณะปาก ใบเปิดมีไอออนทั้งสองใน อะโพพลาสต์เพียง 3 และ 4.8 มิลลิโมลาร์เท่านั้น ในกรณีที่ขาด โพแทสเซียม พืชอาจใช้น้ำตาลในการควบคุมการเปิดปากใบได้บ้าง แต่เนื่องจากมีน้ำตาลไม่ค่อย เพียงพอสำหรับกิจกรรมนี้ และการเคลื่อนย้ายน้ำตาลเข้าออกจากเซลล์คุมตอบสนองต่อแสง และความมืดค่อนข้างช้า ดังนั้นการควบคุมปากใบของพืชที่ขาดโพแทสเซียมจึงไม่ว่องไว (Poffenroth et al., 1992 อ้างโดย ขงยุทธ, 2543)

ความต้านทานโรค

โรคต่าง ๆ ที่เกิดกับพืชหลายชนิดจะลดลงถ้าดินมีโพแทสเซียมเพียงพอหรือใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ทั้งนี้เพราะว่าโพแทสเซียมจะทำให้ผนังเซลล์ของพืชหนาและมั่นคง ยากต่อการเข้าทำลายของโรค นอกจากนี้โพแทสเซียมยังเป็นตัวเร่งให้เซลล์ทำงานได้ดี

8.คุณภาพของฝักและผลไม้

การขาดโพแทสเซียมจะทำให้คุณภาพของปริมาณผลผลิตของพืชต่ำลง คุณภาพของผลไม้ลดลงและรวมถึง สี ขนาด ความเป็นกรด และคุณภาพในการเก็บรักษา ด้วยเช่นกัน

1.2 การขาดโพแทสเซียมของพืช

เมื่อพืชขาดโพแทสเซียมขอบใบจะมีสีเขียวซีด (chlorosis) และกลายเป็นสีน้ำตาลและแห้งไปในที่สุด อาการเริ่มจากปลายใบสู่โคนใบ ระหว่างเส้นใบอาจจะมีจุดสีน้ำตาลแห้ง โพแทสเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้ (mobile) ในพืช เพราะฉะนั้นอาการขาดจึงเกิดที่ใบแก่ก่อนใบอ่อน อาการขาดมักเห็นได้ชัดเจนในข้าวโพดและพืชตระกูลหญ้า ในธัญพืชจะทำให้เมล็ดลีบและน้ำหนักเบาผิดปกติ พืชหัวจะมีแป้งน้อยแต่น้ำมาก ข้าวโพดจะให้ฝักที่เมล็ดไม่เต็มจนถึงปลายฝัก ฝักมีขนาดเล็ก และรูปร่างผิดปกติ สำหรับยาสูบจะมีคุณภาพในการติดไฟดำ ผลไม้จะมีสีไม่สวย และเนื้อฟ้าม พืชน้ำมันจะให้น้ำมันน้อย นอกจากนี้การขาดโพแทสเซียมยังทำให้พืชหักล้ม (lodging) ได้ง่าย เนื่องจากลำต้นอ่อนแอ สำหรับฝ้าย ใบจะมีสีน้ำตาลปนแดง สมอ อาจไม่อ้าเต็มที่เมื่อแก่ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544 และ Barminas et al., 1999 อ้างโดย ปิยะมาศ. 2546)

1.3 บทบาทโพแทสเซียมในดินต่อความเป็นประโยชน์ของพืช

เกือบทั้งหมดของโพแทสเซียมในดินอยู่ในรูปองค์ประกอบของแร่ orthocase (KAISi_3O_5), mica ($\text{H}_2\text{KAl}_3(\text{SiO}_4)_3$), แร่ดินเหนียว illite และ vermiculite แร่สองชนิดแรกปรากฏในดินกลุ่มขนาดทรายและทรายแป้ง (แร่ที่เห็นเป็นเกล็ดสีเงินวาวในดินร่วนและดินทรายเป็น mica) เมื่อแร่เหล่านี้สลายตัวผงก็จะค่อย ๆ ปลดปล่อยโพแทสเซียมให้ละลายน้ำเป็นประโยชน์ต่อพืช

อินทรีย์วัตถุในดินที่อยู่ในรูปขุยอินทรีย์ (humus) ซึ่งมีความสำคัญต่อโพแทสเซียมในดินน้อยมากทั้ง ๆ ที่โดยปกติโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบอยู่ในพืชเป็นจำนวนมาก

โพแทสเซียมที่อยู่ในสารละลายดิน (soil solution) และโพแทสเซียมที่ถูกดูดซับอยู่ที่ผิวคอลลอยด์ในรูปแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable form) จัดเป็นส่วนที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที (readily available form) ซึ่งมีอยู่ 1-2% ของปริมาณโพแทสเซียมที่อยู่ในดิน ส่วนระหว่างโพแทสเซียม 2 รูปนี้จะอยู่ในสภาพสมดุลกันตลอดเวลา คือ เมื่อพืชดูดโพแทสเซียมในสารละลายในดินไปใช้จะเกิดการเสียสมดุล แล้วโพแทสเซียมในรูปแลกเปลี่ยนได้จะถูกปลดปล่อยออกมาอยู่ในรูปของโพแทสเซียมในสารละลายในดินหรือมีการใส่ปุ๋ยลงไปในดิน การเปลี่ยนแปลงจะเป็นไปในทางตรงกันข้าม กล่าวคือ เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ละลายน้ำลงในดินทำให้ปริมาณของโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ทันทีเพิ่มขึ้น แต่ส่วนหนึ่งก็จะเปลี่ยนไปเป็นองค์ประกอบของแร่ดินเหนียวถูกตรึงอยู่ในระหว่างหีบของอนุภาคดินเหนียวพวก illite, vermiculite และ แร่ดินเหนียวพวก 2 : 1 อื่น ๆ โพแทสเซียมในรูปที่ถูกตรึงไว้ในหีบของอนุภาคดินเหนียวเป็นโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนไม่ได้ (non exchangeable K) การปลดปล่อยโพแทสเซียมจากรูปแลกเปลี่ยนไม่ได้นี้จะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับระบบความสมดุลที่มีกับส่วนของโพแทสเซียมแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K) และกับ potassium ion (K^+) ที่อยู่ในสารละลายดินดังไดอะแกรม ต่อไปนี้

K แลกเปลี่ยนไม่ได้หรือถูกตรึง
(Non exchangeable K)

K แลกเปลี่ยนได้
(Exchangeable K)

K^+ ในสารละลายดิน
(Soil solution)

2. ปู่ยโพแทสเซียม

วัตถุดิบที่นำมาผลิตปุ๋ยโพแทสเซียมได้มาจากแร่โพแทสเซียมชนิดต่าง ๆ ซึ่งส่วนมากเป็นแร่ที่ละลายได้ในน้ำ แร่โพแทสเซียมที่สำคัญ ๆ ดังแสดงในตาราง

ตารางแสดง วัตถุดิบที่นำมาผลิตปุ๋ยโพแทสเซียม

ชนิดแร่ (Minerals)	สูตรเคมี	ปริมาณโพแทช (%K ₂ O)
แร่ที่ละลายน้ำได้ดี		
Sylvite	KCl	63.1
Carnallite	KCl.MgSO ₄ .6H ₂ O	17.0
Kainite	KCl.MgCl ₂ .3H ₂ O	18.9
Langbeinite	K ₂ SO ₄ .2MgSO ₄	22.6
Sylvinite	KCl.NaCl.mixture	20-30
แร่ที่ละลายน้ำได้เล็กน้อย		
Polyhalite	K ₂ SO ₄ .MgSO ₄ .2CaSO ₄ .2H ₂ O	15.5
แร่ที่ไม่ละลายในน้ำ		
Glaucosite	KFeSiO ₆ .nH ₂ O	2.3-8.5
Leucite	KAl(SiO ₃) ₂	21.4
Alunite	K ₂ (Al(OH) ₂) ₆ (SO ₄) ₄	11.4
แร่หินเฟลด์สปาร์ (Feldspar)		
Orthoclase	KAlSi ₃ O ₈	16.8
Microcline	KAlSi ₃ O ₈	16.8
แร่หินเฟลด์สปาร์		
แร่ไมกา (mica)		
Muscovite	H ₂ KAl ₃ (SiO ₄) ₃	11.8
Biotite	(HK) ₂ (Mg,Fe) ₂ Mg ₃ Al ₂ (SiO ₄) ₃	6.2-10.1
Phlogopite	(H,K,Mg,Fe) ₃ Mg ₃ Al ₂ (SiO ₄) ₃	7.8-10.4
Lepidolite	4K(Li,Al) ₄ O ₁₀ (F.OH) ₂	10.7-12.3
Zinnwaldite	H ₂ K ₄ Li ₄ Fe ₃ Al ₈ F ₈ Si ₁₄ O ₄₂	10.6
Roscoelite	H ₈ K(Mg,Fe)(Al,V) ₄ (SiO ₃) ₁₂	7.6-10.4

ที่มา : คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา (2544)

สินแร่เหล่านี้ปกติจะไม่อยู่ในรูปที่บริสุทธิ์ แต่มักจะมีเกลือชนิดอื่น ๆ เจือปนอยู่ไม่มากนักน้อย นอกจากนั้นยังมีดินทรายและอินทรีย์สารอื่น ๆ เจือปน แต่อย่างไรก็ตามถ้าหากสินแร่ชนิดใดมีปริมาณโพแทสเซียมสูงเราสามารถขุดขึ้นมาบดให้ละเอียดแล้วนำไปใช้เป็นปุ๋ยโดยตรงได้ ส่วนสินแร่บางชนิดที่อาจมีเกลือ NaCl , MgCl_2 และเกลือของ Al อยู่มาก การนำแร่ชนิดนี้มาใช้เป็นปุ๋ยโดยตรงอาจเป็นอันตรายต่อพืชได้ เนื่องจากความเป็นพิษของเกลือชนิดดังกล่าวถ้ามีการสะสมอยู่ในดินเป็นปริมาณมาก ดังนั้นก่อนนำไปใช้ประโยชน์จึงต้องมีการแยกเอาเกลือ KCl ออกจากสินแร่และทำให้เกลือ KCl ที่แยกออกมามีความบริสุทธิ์มากขึ้นเสียก่อน

2.1 อิทธิพลของโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าว

Hartt (1969,1970) รายงานว่า ถ้าดินพืชขาดโพแทสเซียม การสังเคราะห์ซูโครสจะลดลงส่งผลให้กระบวนการเคลื่อนย้ายน้ำตาลไปยังส่วนต่าง ๆ ของต้นพืชลดลงด้วย และ Murata and Akazawa (1968) รายงานว่า โพแทสเซียมช่วยในการกระตุ้นการทำงานของ starch synthase จากรากมันเทศและจากพืชชนิดอื่น ๆ และ Nitsos and De Datta (1970) พบว่า โพแทสเซียมช่วยในการกระตุ้นการทำงานของ enzyme ในคลอโรพลาสต์ที่สำคัญในเมล็ดและหัวของพืชหลายชนิดให้มีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แป้งและน้ำตาลให้เพิ่มขึ้น โดย Ward. 1996 อ้างโดย ปิยะมาศ, 2546) พบว่า เมื่อใส่โพแทสเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้มีการสะสมแป้งมากขึ้น เพราะโพแทสเซียมจะช่วยเร่งปฏิกิริยาของ enzyme ในการสังเคราะห์แป้ง ซึ่งสอดคล้องกับ Hawker และคณะ (1974) รายงานว่า ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแป้งในใบพืชกับความเข้มข้นของโพแทสเซียม เป็นความสัมพันธ์ในทางบวก คือ ถ้ามีโพแทสเซียมในปริมาณมากขึ้น กิจกรรมของ starch synthase จะเพิ่มมากขึ้นด้วย

นอกจากนี้ Prattley and Stanley (1982) รายงานว่า พืชที่มีโปรตีนสูงในระยะเก็บเกี่ยว จะมีโพแทสเซียมสูงด้วย เนื่องจากในระยะที่พืชเจริญเติบโต พืชมีการเคลื่อนย้ายโพแทสเซียมอย่างรวดเร็วไปยังเมล็ด ซึ่งธาตุโพแทสเซียมจะช่วยในการเคลื่อนย้ายและถ่ายเทสารประกอบอินทรีย์ในโตรเจน เพื่อสังเคราะห์เป็นโปรตีนต่อไป

จากการทดลอง เจิม และคณะ (2519) ได้ศึกษาการแบ่งใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในเวลาและอัตราส่วนต่าง ๆ กัน ของการทำนาในดินชุดร้อยเอ็ด พบว่า การไม่แบ่งใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ถ้าใส่ในระยะก่อนปักดำ หรือ 15 วันหลังปักดำ ไม่มีผลแตกต่างกัน แต่จะให้ผลแตกต่างกันเมื่อใส่ในระยะกำเนิดช่อดอก ส่วนการแบ่งใส่หรือไม่แบ่งใส่ไม่มีผลแตกต่างกันมากนัก Singh et. al. (1976) พบว่า การแบ่งใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมครั้งละเท่า ๆ กัน คือ 33.3% ในระยะปักดำ ระยะแตกกอ และระยะกำเนิดช่อดอก จะให้ผลผลิตสูงสุดมากกว่าการใส่เป็นปุ๋ยรองพื้น 100% เพียงครั้ง

เดียว ซึ่ง Ram and prasad (1985) รายงานว่า น้ำหนักแห้งของข้าวจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในระยะกำเนิดช่อดอก และหลังจากนั้นจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในระยะสุกแก่ และปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียมในตอซึ่งจะลดลงตั้งแต่ระยะแตกกอจนถึงระยะสุกแก่ โดยเพื่อให้ได้จำนวนเมล็ดสูง ปริมาณโพแทสเซียมในใบแก่ของข้าวไม่ควรจะลดลงต่ำกว่า 2% ในระยะข้าวตั้งท้อง (Kiuchi and Ishizaka, 1961)

Von (1959) รายงานว่า โพแทสเซียมมีผลอย่างชัดเจนเกี่ยวกับจำนวนดอกและเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีต่อรวง โดยข้าวจะนำโพแทสเซียมไปสร้างดอก เมล็ด และทำให้ละอองเกสรแข็งแรงมากกว่าการเพิ่มการแตกกอ ซึ่งสอดคล้องกับ Ismunadji and Parlohasdijono (1979) กล่าวว่า ผลผลิตเมล็ดและความสูงของข้าวเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการแตกกอ และ Feng and Salnada (1978) พบว่า การใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมจะช่วยเพิ่มความสูงของข้าว แต่ไม่ทำให้จำนวนรวงเพิ่มขึ้น และช่วยทำให้ผลผลิตของข้าวทั้ง 2 พันธุ์เพิ่มขึ้น เมื่อทดลองกับข้าวพันธุ์ IR 8 และพันธุ์ Juma I นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อดินมีการขังน้ำ K^+ ในสารละลายของดินจะมีปริมาณมากขึ้น ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวสูงขึ้น ซึ่ง Kiuchi and Ishizaka (1961) รายงานว่า โพแทสเซียมมีผลอย่างมากต่อน้ำหนัก 1,000 เมล็ด คือทำให้น้ำหนักของข้าวเพิ่มสูงขึ้น โดยที่โพแทสเซียมจะช่วยรักษาใบธงของข้าวให้สามารถดำเนินกิจกรรมของกระบวนการทางสรีรวิทยาได้เป็นเวลานาน และการที่ข้าวจะให้ผลผลิตได้สูงนั้น ข้าวจะต้องได้รับโพแทสเซียมอย่างต่อเนื่องจนถึงระยะสุกแก่ เนื่องจากผลของโพแทสเซียมจะแสดงให้เห็นในระยะหลังของการเจริญเติบโต Das and Sarkar (1981) พบว่า การพ่นโพแทสเซียมในอัตรา 0.25 – 1.0% ให้ข้าวและข้าวสาลี ในระยะเริ่มออกรวง หรือหลังจากนั้น 15 – 30 วัน ทำให้จำนวนเมล็ดต่อต้นและน้ำหนักตอซึ่งเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะถ้าพ่นที่ความเข้มข้น 0.5% นอกจากนี้ยังทำให้ใบธง และใบที่ 2 ใต้ใบธง มีปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น และช่วยในการชลอการร่วงของดอก ในระยะที่ข้าวเริ่มติดเมล็ด นอกจากนี้ Gurmani et. al. (1984) พบว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม 0 – 125 กก./เฮกตาร์ ในแปลงเกษตรกรในประเทศปากีสถาน ทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นจาก 3.75 ตัน/เฮกตาร์ เป็น 5.58 ตัน/เฮกตาร์

Tanaka and Yoshida (1975) และ De Datta (1981) กล่าวว่า โพแทสเซียมเป็นโคแฟกเตอร์ของเอ็นไซม์มากกว่า 40 ชนิด นอกจากนั้นโพแทสเซียมยังช่วยส่งเสริมให้ต้นข้าวมีการแตกกอได้มากขึ้น เพิ่มขนาดและน้ำหนักของเมล็ด และ Yoshida (1981) พบว่า ข้าวมีความต้องการโพแทสเซียมสูงสุดในระยะแรกของการเจริญเติบโต หลังจากนั้นความต้องการจะลดลง หลังจากการแตกกอ และจะเพิ่มความต้องการอีกครั้งในระยะกำเนิดช่อดอก ดังนั้นข้าวจึงมีความจำเป็นต้องการธาตุโพแทสเซียมมากในระยะการกำเนิดช่อดอกจนถึงระยะที่ข้าวออกรวงสมบูรณ์

โดย Von (1959) รายงานว่า โปแทสเซียมจะถูกดูดได้สูงสุดหลังจากระยะแตกออกจนถึงระยะกำเนิดช่อ และการที่ข้าวจะมีระบบรากที่สมบูรณ์ ผลผลิตสูง อัตราการเป็นหมันต่ำ และมีน้ำหนัก 1000 เมล็ดสูงได้นั้น ต้นข้าวจำเป็นต้องได้รับธาตุโพแทสเซียมอย่างต่อเนื่องจนถึงระยะสุกแก่ และ Patel and Ghildyal (1983) พบว่า เมื่อมีการแบ่งใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม น้ำหนักแห้งของข้าวจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะกำเนิดช่อดอก และจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในระยะสุกแก่ ซึ่ง Hewitt (1951) และ Tisdale and Nelson (1963) กล่าวว่า พืชไม่นำธาตุโพแทสเซียมไปใช้ในการสังเคราะห์เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชเหมือนไนโตรเจนและฟอสฟอรัส แต่จะพบธาตุโพแทสเซียมในเนื้อเยื่อของพืชในรูปของเกลืออนินทรีย์หรือเกลืออินทรีย์ที่ละลายน้ำได้

Peaslee and Moss (1968) พบว่า โพแทสเซียมช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของพืชซึ่งได้แก่การปิดเปิดของปากใบและการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และถ้าพืชขาดโพแทสเซียมจะทำให้ปากใบ ซึ่งเป็นช่องทางให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไหลซึมผ่านเข้าไปในใบพืช เพื่อเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการสังเคราะห์แสงมีขนาดเล็กลง ทำให้ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของพืชลดลงด้วย นอกจากนี้ ปริมาณการดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของใบข้าวโพดที่ขาดโพแทสเซียม มีความสัมพันธ์ในทางลบกับค่า stomata resistance คือ ถ้าค่า stomata resistance สูงขึ้น อัตราการดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของใบข้าวโพดจะลดลง เมื่อต้นข้าวโพดมีโพแทสเซียมอย่างเพียงพอ ปากใบจะเปิดกว้าง ค่า stomata resistance ลดลง ทำให้อัตราการดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของใบข้าวเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Graham and Ulrich (1972) กล่าวว่า ความเข้มข้นของโพแทสเซียมเป็นตัวกำหนดความเต่งของเซลล์พืช ถ้าพืชขาดโพแทสเซียมจะทำให้ความเต่งของเซลล์พืชลดลง ทำให้ปากใบปิด เป็นผลให้ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของพืชลดลง สำหรับอิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่มีต่อกรดอะมิโนจะเป็นผลในทางอ้อม คือ จะมีผลต่อความเข้มข้นของไนโตรเจนในเมล็ด และความเข้มข้นของ amino acids, glutamic acid, leucine, tyrosine และ phenylalanine เพื่อขึ้นเมื่อเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในเมล็ดสูงขึ้น (สุมิตรา และ Eppendorfer, 2535)

3. แร่หินเฟลด์สปาร์ (feldspar)

3.1 ชนิดของแร่หินเฟลด์สปาร์

แร่หินเฟลด์สปาร์ (feldspar) เป็นแร่ประกอบหินที่อยู่ในกลุ่มแร่ซิลิเกต พวก primary mineral ที่เรียกว่า tectosilicates (Si_4O_8) ซึ่งมีโครงสร้างสามมิติเป็น เตตระฮีดรอน (tetrahedron) ออกซิเจนทั้งหมดถูกจับด้วยซิลิกอน แร่ในกลุ่ม tectosilicates ประกอบด้วย quartz, feldspar,

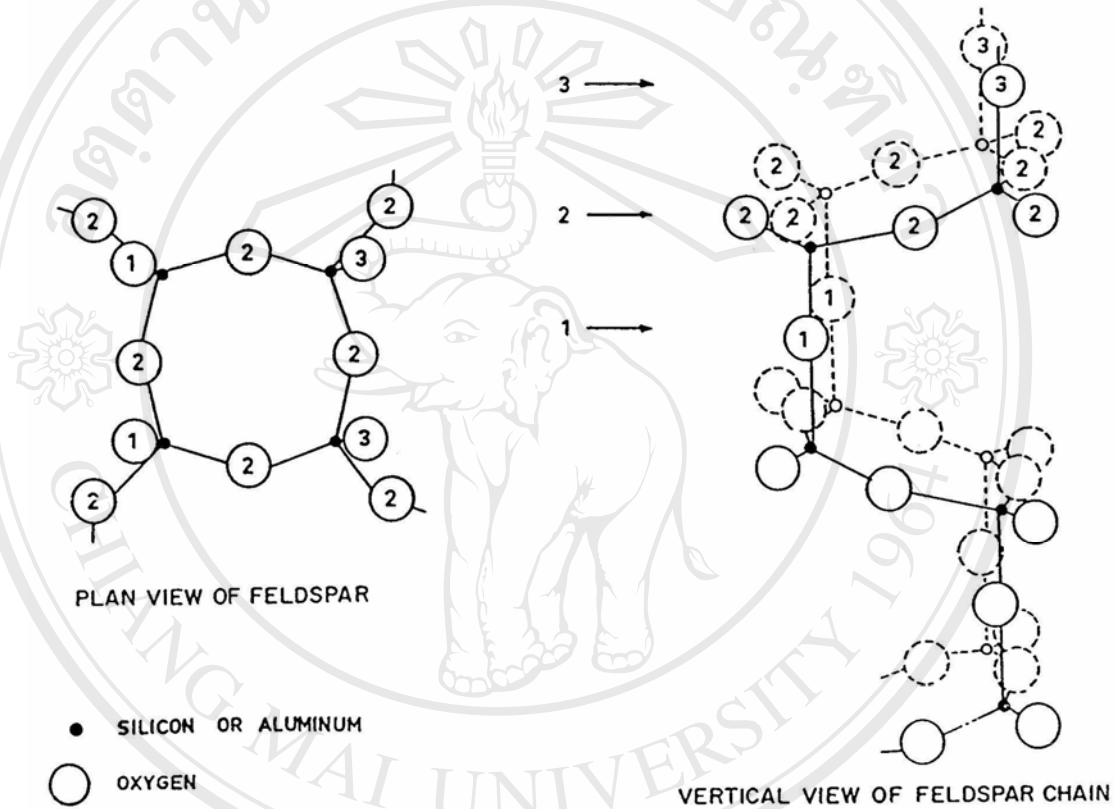
feldspathoids และ zeolites (Louhgnan, 1969 อ้างโดย ปิยะมาศ , 2546) สำหรับแร่หิน feldspar นั้นสามารถแบ่งย่อยได้อีก 9 ชนิดคือ

1. The plagioclase feldspar ประกอบด้วย
 - 1.1 Albite (Sodium aluminum silicate)
 - 1.2 Oligoclase (Sodium calcium aluminum silicate)
 - 1.3 Andesine (Sodium calcium aluminum silicate)
 - 1.4 Labradorite (Calcium sodium aluminum silicate)
 - 1.5 Bytownite (Calcium sodium aluminum silicate)
 - 1.6 Anorthite (Calcium aluminum silicate)
2. The K-feldspar or Alkali feldspar ($KAlSi_3O_8$)
 - 2.1 Microcline (Potassium aluminum silicate)
 - 2.2 Sanidine (Potassium sodium aluminum silicate)
 - 2.3 Orthoclase (Potassium aluminum silicate)

3.2 โครงสร้างของแร่หินเฟลด์สปาร์

ผลึกของแร่หินเฟลด์สปาร์อยู่ในระบบโมโนคลินิก (monoclinic) ($2/m$) และไตรคลินิก (triclinic; $\bar{1}$) มีรอยแยกแนวเรียบ 2 แนว เกือบจะตั้งฉากกัน ความแข็งประมาณ 6 ความถ่วงจำเพาะมีตั้งแต่ 2.55-2.76 จึงทำให้มีแสงระยับเหมือนแก้ว มีสูตรเคมีทั่วไปคือ $XAL_{(1-2)}Si_{(3-2)}O_8$ โดย X ในสูตรเคมีอาจเป็นบวกหนึ่งเช่น โซเดียมหรือโพแทสเซียม และอะลูมิเนียม ส่วนซิลิกอนจะเป็นบวกสาม พวกที่เป็นบวกสองเช่น แคลเซียม หรืออาจจะเป็นอะลูมิเนียม หรือซิลิกอน การเปลี่ยนไปเปลี่ยนมาเช่นนี้เพื่อให้สูตรเกิดความสมดุลกันทางเคมี เพราะว่า อะลูมิเนียมอาจเปลี่ยนเป็นบวกสาม และซิลิกอนอาจเป็นบวกสี่

ตำแหน่งของซิลิกอนและอะลูมิเนียมอยู่ตรงกลางของ tetrahedrons ของ SiO_4 และ AlO_4 โดย tetrahedrons มีมุมติดกันเป็นรูปสามมิติ แคตไอออนของ X ในสูตรเคมีอยู่ในช่องว่างของโครงสร้าง tetrahedrons นี้



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

รูปแสดงโครงสร้างของแร่หินเฟลด์สปาร์

ที่มา : Loughnan.(1969)

Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

แร่หินเฟลด์สปาร์แต่ละชนิดบางที่พบว่ามีสูตรทางเคมีเหมือนกันแต่มีลักษณะทางโครงสร้างต่างกัน เช่น albite และ anorthite ทั้งสองชนิดอยู่ในกลุ่มของ plagioclase feldspar เช่นเดียวกัน แต่ albite มีโซเดียม มากกว่า anorthite ซึ่งหลักในการจำแนกใช้เปอร์เซ็นต์ของโซเดียมหรือ แคลเซียม เป็นหลัก

แหล่งที่พบในประเทศไทย ถ้าเป็นโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ พวก orthoclase พบที่ ราชบุรี,

เจียงใหม่, แม่ฮ่องสอน, กาญจนบุรี, อุทัยธานี และ ดาก แร่ microcline พบที่ ราชบุรี (กรมทรัพยากรธรณี, 2520)

3.3 การผุพังสลายตัวของแร่ซิลิเกต

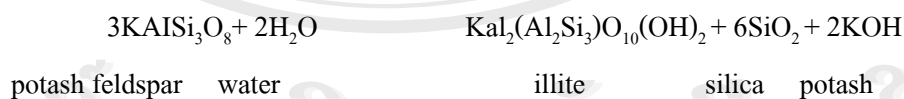
การผุพังสลายตัวของแร่พวกซิลิเกตจาก 3 กระบวนการพร้อม ๆ กันคือ

1. การหลุดออกของแคตไอออนและซิลิกากลายเป็น monomeric form หรือถูกกำจัดออกเป็นโมเลกุลใหญ่กลายเป็น polymerized form
2. เกิดจากการเคลื่อนที่ในสารละลายของบางสิ่งบางอย่างจึงทำให้เกิดการหลุดออกของธาตุตัวใดตัวหนึ่ง
3. เกิดจากสภาพแวดล้อมเช่น น้ำ ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์และปฏิกิริยาอื่น ๆ ที่เป็น exothermic เช่น ความร้อนอิสระ

ตัวอย่างเช่น potash feldspar เมื่อถูกน้ำเซาะผ่านเข้าไปยังช่องว่าง รอยแยกหรือ ช่องเปิดเล็ก ๆ ของแร่ จะทำให้เกิดการละลายของแร่ ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของออกซิเจนและ hydroxyl group นั้นเอง จึงทำให้ผลึกของตะกอนที่ได้กลายเป็นแร่ชนิดใหม่ที่มีภาวะสมดุล และเสถียรมากกว่า ในสภาพแวดล้อมของบรรยากาศ ซึ่งแร่ที่ได้เรียกว่า kaolinite ดังปฏิกิริยา



และถ้า potash feldspar ถูกชะล้างก็จะกลายเป็น illite ดังปฏิกิริยา



ซึ่งกระบวนการดังกล่าวเรียกว่า hydrolysis สามารถสรุปเป็นสมการได้ดังนี้



กระบวนการ hydrolysis เป็นกระบวนการที่แร่ทำปฏิกิริยากับน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพที่เป็นกรด จะทำให้ปฏิกิริยาดำเนินไปได้อย่างรวดเร็ว เกิดเป็นแร่ชนิดใหม่ตามมา

การทดลองของ jenny (1950) อ้างโดย Loughnan.(1969) กล่าวว่ากรณีที่น้ำดูดซับเอาอะตอมและไอออนของแร่ที่อยู่บริเวณผิวหรือหลิบทาให้องค์ประกอบของแร่ที่เปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากน้ำ

ซึ่งมี ลักษณะเป็น dipolar ทำให้ไฮโดรเจนและไฮดรอกซิล ไอออน แยกออกจากกัน ในขณะเดียวกัน ไฮโดรเจนไอออนจะเข้าไปแทนที่ประจุบวกตรงบริเวณผิวของแร่ และมีผลทำให้ pH เพิ่มขึ้นอีกด้วย ตัวอย่างเช่น แร่หินเฟลด์สปาร์ที่ถูกดูดซับด้วยน้ำ เกิดปฏิกิริยาดังต่อไปนี้



จะเห็นว่าออกซิเจนของ hydroxyl group, โปแทสเซียม และอะลูมิเนียม มีการเคลื่อนย้ายตำแหน่งจากเดิมมีลักษณะเป็น tetrahedral coordination ด้วยออกซิเจน กลายเป็น octahedral coordination

3.4. การผุพังสลายตัวของแร่ซิลิเกต

การผุพังสลายตัวของแร่ซิลิเกตเกิดจากจุลินทรีย์ในกลุ่ม silicate bacteria ซึ่งมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน และกลไกที่เข้าทำลายโครงสร้างของแร่ก็แตกต่างกัน ซึ่ง กลไกหลัก ๆ ที่ จุลินทรีย์ใช้ในการทำลายโครงสร้างของแร่คือ pH, ionic strength และ organic compound เช่น citrate, dihydroxy benzoate, tropolone ซึ่ง organic compounds มากเช่น น้ำบาดาล เป็นบริเวณที่เกิด reducing มาจาก iron reducing และกระบวนการ methanogenesis เป็นกระบวนการพื้นฐานของกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยในการเกิด iron reducing นี้ ferrous iron จะเพิ่มขึ้นในขณะที่ pH ลดลงจาก 7.8 เป็น 6.5 ปริมาณของ silicate เพิ่มขึ้นจาก 0.3 มิลลิโมล/ลิตร เป็น > 1 มิลลิโมล/ลิตร การละลายของแร่จะเกิดขึ้นได้รวดเร็วมากใน quartz และ feldspar บริเวณที่แร่เกิดการผุพังสึกกร่อนนี้จะพบโคโลนีมากมายของจุลินทรีย์เจริญอยู่ซึ่งเป็นบริเวณ anaerobic zone เป็นบริเวณที่พบว่าแร่หิน feldspar เกิดการสึกกร่อนอย่างรวดเร็วและเป็นบริเวณกว้างมากที่สุด และจากการทดลองในห้องปฏิบัติการที่กระทำควบคู่กันไปพบว่าแร่ microcline และ albite จะผุพังสลายตัวอันเนื่องมาจากกิจกรรมที่เกิดจากความอิสระของ proton โดยจะมีการเปลี่ยนแปลง pH แต่เกิดขึ้นในแร่ microcline เท่านั้นคือ เมื่อค่า pH เท่ากับ 3.0 อัตราการละลายจะเพิ่มขึ้น และอัตราการละลายจะลดลงเมื่อ ionic strength เพิ่มขึ้น (โดยใช้ LiCl เป็น anionic strength buffer) โดยเพิ่มขึ้นเป็น 50-75% I = 0.05 โมลาร์ ผลกระทบที่เกิดขึ้นเกิดขึ้นในขณะที่ภาวะอุณหภูมิต่ำ อัตราการละลายของแร่ albite และ microcline ลดลงเมื่อพลังงานลดลงจาก 50 กิโลจูล/โมล เป็น 32. กิโลจูล/โมล จากขบวนการผุพังสลายตัวของแร่อาจปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาได้ (Goldschmidt, 1998)

3.5 ตัวอย่างของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการปลดปล่อยธาตุโพแทสเซียมเพื่อเป็น

ประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช

Alekcahegopol and Zak (1996) อ้างโดย Hebei Academy of Science (1996) พบว่า *Bacillus circulans* ซึ่งเป็นพวก silicate bacteria ชนิดหนึ่งมีความสามารถในการย่อยสลายแร่ pegmatolite ให้โพแทสเซียมออกมาในรูป K_2O ได้ 72% และย่อยแร่ mica ให้ K_2O 31.3% จากประสิทธิภาพดังกล่าวจึงทำให้ประเทศจีนผลิตเชื้อนี้ในรูปของหัวเชื้อปุ๋ยชีวภาพ ทดลองใช้กับพืชปลูกหลายชนิด พบว่า สามารถเพิ่มผลผลิตให้กับพืชต่าง ๆ ดังนี้ ข้าวสาลี ผลผลิตเพิ่มขึ้นประมาณ 11-16% ข้าวโพด เพิ่มขึ้น 10-13% ข้าว 10-15% ถั่วลิสง 22-26% ผักและผลไม้ 23-38% นอกจากนี้ให้โพแทสเซียมแล้วยังสามารถตรึงไนโตรเจนได้ด้วย (Berge et al., 1991) โดยพบว่าเกิด acetylene-reducing activity (3100 nmol ethylene/day/plant) ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์นี้เจริญอยู่บริเวณรากข้าว

นอกจากสกุลของ *Bacillus* แล้วยังมีอื่น ๆ อีกเช่น *A. tumescens* ที่คลุกเชื้อลงในดิน nile silt ผสมกับดินทราย แล้วปลูกข้าวบาร์เลย์ (60 วัน) และถั่วเหลือง(70 วัน) นำดินปลูกมาวิเคราะห์ทางเคมีและจุลชีว พบว่า NH_4 -acetate และ K เพิ่มขึ้น Si หลุดออกมามากขึ้นใน sand silt ในส่วนเหนือดินของพืช พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ N,P, K และ คาร์โบไฮเดรต เพิ่มขึ้น (shady et al., 1984)

4. คุณสมบัติบางประการของพันธุ์ข้าว กข10

ข้าว กข 10 เป็นพันธุ์ข้าวที่ได้จากการนำเมล็ดพันธุ์ข้าว กข 1 ไปอบรังสีนิวตรอนเร็วที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติแห่งประเทศไทย เมื่อ พ.ศ. 2512 เสร็จแล้วนำเมล็ดที่อบรังสีไปปลูกคัดเลือกที่สถานีทดลองข้าวบางเขนและนำไปปลูกเปรียบเทียบผลผลิตกับข้าวเหนียวพันธุ์อื่นๆที่สถานีทดลองข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าให้ผลผลิตใกล้เคียงกับพันธุ์ข้าว กข 2 และ กข 4 คณะกรรมการวิจัยของกรมวิชาการเกษตรได้พิจารณาออกเป็นพันธุ์รับรองเมื่อวันที่ 17 มิถุนายน 2524 เป็นพันธุ์ข้าวที่ไม่ไวแสง ปลูกได้ตลอดปี มีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 130 วัน ความสูง 120-130 เซนติเมตร เมล็ดข้าวเปลือกมีสีฟางและลักษณะเมล็ดข้าวกล้องยาวเรียวยาว คุณสมบัติการหุงต้มเมื่อนึ่งสุกจะนุ่มเหนียว ต้านทานโรคไหม้ปานกลาง ไม่ต้านทานโรคขอบใบแห้ง บั่วและเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ให้ผลผลิตประมาณ 660 กิโลกรัมต่อไร่

5. คุณภาพข้าว (Quality of Rice)

คุณภาพข้าวประกอบด้วยคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และคุณภาพการสีในการพิจารณาคุณภาพข้าวตามมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร เพื่อกำหนดราคาข้าวและเพื่อการส่งออกจะใช้

เกณฑ์การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพเนื่องจากมีความชัดเจน สะดวกและรวดเร็ว โดยดูจากความยาวข้าวกล้อง เปอร์เซ็นต์ ข้าวหัก ความชื้นและสิ่งเจือปน เป็นสำคัญ

สำหรับคุณภาพการสีของข้าวประกอบด้วยเปอร์เซ็นต์ข้าวสาร(percent milled rice) ซึ่งเป็นส่วนของเอนโดสเปิร์ม(endosperm) ที่ได้จากการกระเทาะเปลือกและสีเอาส่วนที่เป็นรำออกได้เป็นส่วน

ของข้าวกล้อง(Brown rice) เมื่อขัดสีเชื่อมหุ้มส่วนของข้าวกล้องออกแล้วได้ส่วนที่เป็นข้าวสาร (Milled rice) ที่มีความแตกต่างกันเนื่องจากการแตกหักในระหว่างการสี นำข้าวสารที่ได้ไปคัดแยก

โดยแบ่งออกเป็นข้าวที่เต็มเมล็ดและข้าวหักที่มีขนาดความยาวต่างกัน ดังนั้นคุณภาพการสีจึงเป็นคุณสมบัติทางกายภาพอย่างหนึ่งที่อ้างอิงกับขบวนการสีข้าว มาตรฐานข้าวไทยพ.ศ.2540(2541) กำหนดสัดส่วนของเมล็ดข้าวเป็น 10 ส่วน โดยข้าวเต็มเมล็ดคือข้าวที่มีส่วนของเมล็ดเต็มทั้ง10ส่วน

ต้นข้าว(headrice) หมายถึงข้าวที่มีส่วนของเมล็ด 8 - 9.9 ส่วนข้าวหักใหญ่คือข้าวที่มีส่วนของเมล็ด 5 - 7.9 ส่วน ข้าวหักเล็กคือข้าวที่มีส่วนของเมล็ด 2.5-4.9 ส่วนและปลายข้าวข้าวคือข้าวที่มีส่วนของเมล็ดเล็กกว่า 2.5 ส่วนและเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวมีบทบาทมากในการกำหนดราคาเนื่องจากผู้บริโภคส่วนใหญ่ยังนิยมบริโภคข้าวที่มีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวสูงมากกว่า (IRRI,1992;Juliano *et al.*,1993.)

ราคาข้าวที่มีการแตกหักน้อยจะมีราคาสูงกว่าข้าวที่มีการแตกหักมาก และสูงประมาณ 25% จากราคาที่ต่างกันนี้พบว่าคุณภาพการสีหรือเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวเป็นตัวแปรที่สำคัญที่มีผลต่อ ราคาข้าวโดยตรงคือคุณภาพการสีของข้าวพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ข้าวสารเต็มเมล็ดและเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว (40-50% คุณภาพการสีดี, มากกว่า 50% คุณภาพการสีดีมาก (ประสูติ และคณะ, 2539)